Blocks with an Abelian Defect Group (SEMINAR ON PERMUTATION GROUPS AND RELATED TOPICS)

KIYOTA, Masao

数理解析研究所講究録
325巻 1978年 84-89

Blocks with an abelian defect group

Masao Kiyota
(University of Tokyo)

abstract

Let G be a finite group and let B be a p-block of G with an abelian defect group D. Let b be a p-block of C(D) such that $b^G=B$ (i.e. a root of B), and let T(b) be the inertial group of b in N(D). Then the following Theorems hold.

Theorem A. Let p=2 and suppose that $[D,T(b)]$ is four-group. Then we have $k(B)=|D|$, $l(B)=3$. And every irreducible character in B has height 0.

Theorem B. Let p=3 and suppose that $[D,T(b)]=Z_3$. Then we have $k(B)=|D|$, $l(B)=2$. And every irreducible character in B has height 0.

§1 序文

Gを有限群, Bをdefect group Dを持つGのp-blockとする.
次の問題はmodular表現における基本問題の1つである.

問題 Dの構造が与えられた時, Bの性質とくにBに関する諸定数を求めよ.

ここでBに関する諸定数とは

$k(B)$: = B に属する irreducible characters の個数

$\ell(B)$: = B に属する irreducible Brauer characters の個数.

B の decomposition numbers.

B の Cartan matrix. 等である.

上の問題の解答として次の結果が知られている.

1°	$\lvert D \rvert = p$ ただし $D \in Syl_p(G)$	Brauer	1942 年
2°	D = cyclic	Dade	1966
3°	$p = 2$, D = dihedral	Brauer	1974
4°	$p = 2$, D = generalized quaternion semi-dihedral	Olsson	1975

3°, 4° では Brauer [1] の方法が用いられている. 本文ではこの Brauer の方法を用いて abstract で述べた定理 A を証明する. § 4 では $D = (2, 2, 2)$ の時の B の構造を議論する. なお定理 B は定理 A の類似で証明もほとんど同じである.

§ 2 一般論

G を有限群, B を defect group D を持つ G の p-block とする. $DC(D)$ の block b は $b^G = B$ となるとき, B の $DC(D)$ における root と呼ばれる. (このとき $D(b) = D$ となる.) また

$T(b) := \{ x \in N(D) \mid b^x = b \}$

$e(B) := \lvert T(b) : DC(D) \rvert$ とおく.

1st Main Th の拡張より $p \nmid e(B)$ となる．$s = (\pi, b_1)$ が (i) $\pi = p$-element of G, (ii) b_1 は $C(\pi)$ の p-block を満たすとき s を subsection という．さらに $b_1^G = B$ のとき B の subsection という．G は subsection 全体の上に共役で作用する．(i.e. $s^g = (\pi^g, b_1^g)$)

以下 B, D, b を固定して上の意味で用いる．定理A の証明のため，Brauer による次の4つの結果を準備する．

定理1 [1] $D = $ abelian とする．D の $T(b)$-共役類の代表系を $\{ x_i \mid i = 1, \cdots, s \}$ とする．このとき $\{ (x_i, b_{x_i}) \mid i = 1, \cdots, s \}$ は B の subsection の共役類の代表系をなす．ここで $b_{x_i} = b^{C(x_i)}$．

定理2 [1] $\{ (x_i, b_{x_i}) \mid i = 1, \cdots, s \}$ を B の subsection の共役類の代表系とする．このとき
$$k(B) = \sum_{i=1}^{s} l(b_{x_i})$$
が成り立つ．

定理3 $D = $ abelian, $e(B) = 1$ と仮定する．このとき $k(B) = |D|$, $l(B) = 1$ となる．

命題4 $s = (\pi, b_1)$ を B の subsection で $D(b_1) = D$ なるも

のとする. $\chi \in B$ の高さを h とする. このとき

$\nu(\chi^{(\omega)}(\pi)) = \nu(|C(\pi)|) - d(B) + h$ が成り立つ.

ここで $\chi^{(\omega)}(\pi) = \sum_{\varphi \in b_1} d(\chi, \varphi)\varphi(1)$, ν は p-進付値の1つの延長である.

§3 定理Aの証明

§2の結果を用いて定理Aの証明のあらすじを述べる.

1° $|G|$ についての induction を用いる. $|D| = 2^n$ とする. 仮定より $D = [D, T(b)] \times C_D(T(b))$, $[D, T(b)]$ は 4-群である. D の $T(b)$-共役の代表を $\{1, x_i, y_j \mid {i=1,\cdots,2^{n-2}-1 \atop j=1,\cdots,2^{n-2}}\}$ とする. ただし $x_i \in C_D(T(b))$, $y_j \notin C_D(T(b))$ である. 定理1より $\{(1,B), (x_i, b_{x_i}), (y_j, b_{y_j}) \mid {i=1,\cdots,2^{n-2}-1 \atop j=1,\cdots,2^{n-2}}\}$ が B の subsection の代表系となる. ここで $b_{x_i} = b^{C(x_i)}$ 等である.

2° $k(B) = \ell(B) + \sum_i \ell(b_{x_i}) + \sum_j \ell(b_{y_j})$ (定理2)

3° $\ell(b_{y_j}) = 1$ (定理3を用いる.)

4° $\ell(b_{x_i}) = 3$ ($C(x_i)/\langle x_i \rangle$ に induction を用いる.)

5° $k(B) = \ell(B) + 2^n - 3 \geq 2^n - 2$

6° $y = y_1$ とおく. $\ell(b_y) = 1$ より b_y の decomposition numbers の column は1つ. それを d^y と書く. 直交関係により $(d^y, d^y) = 2^n$. 命題4より d^y の成分はいずれも0となり得ない. 5°に注意すると d^y の成分はすべて ±1 となる.

よって $k(B) = d^{\sharp}$ の size $= 2^n$. 5° より $l(B) = 3$.

7° 再び命題4を用いて B の irreducible character の高さ = 0 が分かる。　（証明終り）

§4　D = (2, 2, 2) の場合.

$D = (2, 2, 2)$ とする. $\mathrm{Aut}\, D = GL(3, 2)$ だから $e(B) = 1, 3, 7, 21$ となる. $e(B) = 1$ のときは定理3より $k(B) = 8$, $l(B) = 1$. $e(B) = 3$ のときは定理Aを用いて, 次の結果が得られる.

命題C [2]　$D = (2, 2, 2)$, $e(B) = 3$ とする. このとき $k(B) = 8$, $l(B) = 3$ となる. B の irreducible characters を $\chi_1, \cdots \chi_8$ とすると $\forall \rho \in G$ odd element に対して $\chi_i(\rho) = \chi_{i+1}(\rho)$　$i = 1, 3, 5, 7$

$\delta \chi_1(\rho) + \lambda \chi_3(\rho) + \mu \chi_5(\rho) + \nu \chi_7(\rho) = 0$

が成り立つ. ここで $\delta, \lambda, \mu, \nu$ は ± 1 である. さらに適当な basic set に関する B の Cartan matrix は

$$C = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 2 \\ 2 & 4 & 2 \\ 2 & 2 & 4 \end{pmatrix}$$

となる.

$D = (2, 2, 2)$ のときの B の構造は次の表のように予想される. $e(B) = 1, 3$ については上の結果より表の値は正しい.

$e(B)=7$ の場合について，§§ 2, 3 の方法で調べてみると表の値以外に $k(B)=5$，$\ell(B)=4$ の可能性も出てくる．今のところこの可能性を消すことができない．$e(B)=21$ の場合も同様である．しかし"B の irred. characters の高さがすべて 0" を仮定すると表の値が正しいことが示される．つまり Brauer の予想が正しければ表も正しい．とくに G が solvable なら表の値は正しい．

$e(B)$	$k(B)$	$\ell(B)$	例
1	8	1	D
3	8	3	$D \rtimes (3)$
7	8	7	$SL(2,8)$
21	8	5	J_1

References

1. R. Brauer, On the structure of blocks of characters in finite groups, Lecture notes in Mathematics. Vol 372 103-31 Springer 1974.
2. 清田正夫，修士論文 東大 1977